

**DIE GLAS-UND ANTIMONELEKTRODE
ZUR pH-MESSUNG IN DER MUNDHÖHLE
EIN VERGLEICH UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DER MUNDTEMPERATUR**

von
Hannelore Schmidt
aus Stuttgart

1965



Digitized by the Internet Archive
in 2026



Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund - und
Kieferkranke der Friedrich-Alexander-Universität
E R L A N G E N - N Ü R N B E R G
Direktor : Professor Dr. Dr. Gerhard STEINHARDT

DIE GLAS - UND ANTIMONELEKTRODE ZUR pH - MESSUNG IN
DER MUNDHÖHLE. EIN VERGLEICH UNTER BESONDERER BERÜCK-
SICHTIGUNG DER MUNDTEMPERATUR.

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Hannelore SCHMIDT
aus Stuttgart

Gedruckt mit der Erlaubnis
der Medizinische Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg.

Referent: Professor Dr. Dr. Oskar BOCK

Koreferent: Professor Dr. Dr. Gerhard STEINHARDT

Dekan: Professor Dr. Dr. Gerhard STEINHARDT

Tag der mündlichen Prüfung: 20. 12.65.

MEINEN LIEBEN

An dieser Stelle sei es mir erlaubt,
Herrn Professor Dr.Dr. Oskar BOCK
für die freundliche Überlassung des
Themas und die wertvollen Ratschläge
zur Durchführung der vorliegenden
Arbeit, meinen aufrichtigen Dank
auszusprechen.

Herrn Dr. Robert DITTMAYER danke ich für
die Hinweise und seine freundliche An-
leitung.

INHALTSVERZEICHNIS

=====

A. Einleitung und Problemstellung

B. Literaturübersicht

1. pH-Wertmessungen des Speichels
2. Glaselektrode
3. Antimonelektrode
4. Vergleichende Untersuchungen

C. Eigene Untersuchungen

I Material und Methode

1. Elektrodenherstellung
2. Meßgeräte
3. Eichung der Elektroden
4. Temperaturmessung

II Ergebnisse

1. Vergleich der 4 verschiedenen angebrachten Ableitungen der Elektroden.
2. Vergleichende Messungen zwischen der Glas- und Antimonelektrode bei verschiedenen pH-Werten.
3. Wärmemessungen
 - a) an den Zähnen
 - b) Mundbodentemperatur
 - c) Ruhe-Nüchtern-Werte verschiedener Probanden
 - d) Temperaturen und pH-Werte der Interdentalräume
 - e) Temperaturen und pH-Werte von kariösen Zähnen.

D. Diskussion

E. Zusammenfassung

F. Literatur

A. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Untersuchungen des Speichels stellten ein wichtiges Problem für die Erforschung seiner Funktion und seiner diagnostischen Wichtigkeit dar. Seit den Untersuchungen von PAWLOV (70) wurden sie intensiviert, da nicht nur die Ärzte sondern auch die Zahnärzte die Bedeutung dieses Sekrets erkannt hatten. Gerade auf dem zahnärztlichen Gebiet wurde der Zusammenhang zwischen Karies und Speichel zu einem Faktor, der aus der Kariesätiologie nicht mehr wegzudenken ist. Dabei muß nicht nur an die im Munde vorhandene Bakterienflora gedacht werden, sondern vor allem an die Stoffwechselprozesse im Zusammenhang mit den verbleibenden Speiseresten. Diese Fragen wurden in vielen Arbeiten erörtert, u.a. HAGGARD, GREENBORG (38), LAMMERS (63), HAFFER (37), LIEKFIELD (64), SAUERWEIN (78), BUHS (12), EGGERS LURA (22), GINS (34), HARTLESS (41), HEIN (43), JENKINS (50), JENKINS, KLEINBERG (51), KRANZ (60), GREITHER (35), LILIENTHAL (65), SCHLIRF (83), RAUCH (73), KIRSCH (54). So hat man heute einen Einblick in die Biochemie der Mundhöhle bzw. des Speichels.

Betrachtet man diese Arbeiten kritisch, so fällt auf, daß bei den dazu notwendigen Untersuchungen über die Wasserstoffionenkonzentrationen verschiedene Methoden angewandt und dadurch auch oft sehr unterschiedliche

Ergebnisse erzielt wurden. (GEOSSMANN, BRINKMANN 36, HERING 45, JONOFF 52).

Diese unterschiedlichen Messungsergebnisse veranlaßten uns, die pH-Wertmessungen im Munde nochmals kritisch zu untersuchen. Außerdem dürften gerade diese Messungen für das Gebiet der Kariesforschung von Bedeutung sein. Von NAUJOKS und Mitarbeitern (68) wurde schon versucht, eine gewisse Standardisierung herbeizuführen indem er vorschlägt, immer nur den Nüchternspeichel als Ausgangsbasis zu verwenden. Es zeigt sich aber auch eine gewisse Diskrepanz in den Ergebnissen bei der Verwendung verschiedener Elektroden (CHARLTON 16, 17). Ferner stellte man bei diesen Speicheluntersuchungen fest, daß die Temperatur vernachlässigt wurde (BECK 3,5, BECK, WAINWRIGHT 6).

Aus diesem Grunde war es für uns erforderlich, zunächst vergleichende Messungen mit den zwei gebräuchlichsten Elektroden bei einer gleichbleibenden Temperatur durchzuführen und weiterhin vergleichende Messungen mit den beiden Elektroden (Glas- und Antimonelektrode) bei unterschiedlicher Temperatur vorzunehmen. Schließlich sind Messungen mit beiden Elektroden im Munde vorzunehmen unter Berücksichtigung der vorhergegangenen Untersuchungen besonders in Bezug auf die Mundtemperatur.

B. LITERATURÜBERSICHT

1. pH-Wertmessungen des Speichels:

Verfolgt man die zahlreichen Untersuchungen der Speichelreaktion dieses Jahrhunderts wie in den Arbeiten von BRAWLEY (10), ZORNEMANN (101), STARR (85), CARLSON McKINSTRY (15), POPPER, HAPFNER (72), STERN, BROCKLEY (92), BRITTON (11), HILL (46), HUNECKE (48), KRÖNCKE, NAUJOKS (61), WOLLRING (100), SUHURA, ASKAWA (81), KÖHLER (58), BERG (7), HATTYASY (42) so ist zu erkennen, daß der Säurerest des Speichels eine immer größere Bedeutung für die Kariesätiologie im Laufe der Zeit bekam. Man bemühte sich aus diesem Grunde die Genauigkeit der Methoden zu überprüfen und sie zu verbessern.

So stellte LABAND 1925 (62) fest, daß bei der Bestimmung des pH- Wertes mit Hilfe der Titrationsmethode die Summe der aktuellen und potentiellen Ionen des Speichels bestimmt wird und dadurch irreführende Ergebnisse erhalten werden. Benützt man die Indikatorenmethode zur Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration, so erhält man nur die Menge der aktuellen Ionen, die dem Säuregrad entsprechen. 1928 wurde durch die Untersuchungen der CO_2 - Verdunstung von BECK (5), BECK, TÜRKHEIM, RAUCH und LIEKFIELD (4) die pH-Wertmessung außerhalb des Mundes sehr in Frage gestellt und es wurde auf die von MICHAELIS 1921 (66) entwickelte Methode der Messungen mit Indikatorpapier inner-

halb des Mundes zurückgegriffen. Doch auch diese Methode zeigt Ungenauigkeiten. Nach vergleichenden Untersuchungen von GROßMANN und BRINKMANN (36) 1937 wurde deutlich, daß diese Ungenauigkeiten der Indikatorenmethode durch die elektrometrische Methode völlig ausgeschaltet werden. Für die Zahnheilkunde kommen heute Elektroden in Betracht wie die Glaselektrode und die Antimonelektrode.

2. Glaselektrode

Schon 1933 wird die Glaselektrode von KORDATZKI (59) als die geeignetste und genaueste Elektrode für pH-Messungen in der Chemie und Physik beschrieben. In der Zahnheilkunde ist die Glaselektrode für Messungen der Gingivaltaschen und der verschiedensten Regionen der Zähne im Jahre 1943 durch EISENBRANDT (23), 1940 von STEPHAN (48,89), 1949 von NOLTE und SYMPSTER (69) und 1956 von CHARLTON (16) benützt worden.

3. Antimonelektrode

Als Erster benützte STEPHAN 1940 (46, 87) die Antimonelektrode. Diese Art von Elektrode wurde 1954 von THOMPSON und BRUDEVOLD (95,96), 1955 von HALDI (39,40), 1956 von JENKINS (50), 1957 von SULLIVAN, CHARLTON und LENNON (42), 1958 von CALDWELL und BIBBY (14) und 1958 von KLEINBERG (56) wieder aufgenommen und modifiziert. Andere Autoren, wie 1945 STEPHAN (46, 87), 1952 MOORE und FOSDICK (67), 1953 FORSCHER, HESS (29), 1956 CHARLTON

(16,17), 1958 KLEINBERG (55), 1961 SAUERWEIN (77) und im selben Jahre SAND und MÖRCH (76), 1961 DE JAGER und THERON (49) haben viele andere Herstellungsarten angegeben.

4. Vergleichende Untersuchungen

1940, 1943 und 1944 konnte STEPHAN (86,87,88) bei vergleichenden Untersuchungen zwischen der Antimonelektrode und der Glaselektrode aussagen, daß seine Antimonelektrode eine Genauigkeit von $\pm 0,02/\text{Einheit}$ zeigt. Diese Untersuchungen stimmten mit den Werten von STRALFORS 1950 (93) überein. 1954 konnten THOMPSON und BRUDEVOLD (96) in den Untersuchungen mit der Antimonelektrode nach STEPHAN (86) feststellen, daß die Antimonelektrode in vivo- und vitro- Messungen eine nur annähernde Genauigkeit aufweist. Bei einem Vergleichsversuch zwischen der Antimonelektrode und der Glaselektrode finden sie, daß die Antimonelektrode auch bei intraoralen Messungen zu viel höheren Werten tendiert, wie das bei der Glaselektrode nicht der Fall ist. Diese Untersuchungen werden auch von CALDWELL und BIBBY 1958 (14), DIRKSEN, LITTLE, BIBBY, CRUMB 1962 (20) und DE JAGER und THERON 1963 (49) bestätigt. Auch CHARLTON 1956 (17) kann in Untersuchungen mit der Antimonelektrode nach STEPHAN (86) selbst in Pufferlösungen keine exakten Messergebnisse finden.

1956 untersuchten ENGLANDER, CARTER und FOSDICK (25) mit der Glaselektrode die Zahnbeläge und stimmen mit den Werten von CLEMENT, PLOTKIN und FOSDICK 1956 (19), die mit der Antimonelektrode durchgeführt wurden, überein.

1958 widerlegt KLEINBERG (55) THOMPSON und BRUDEVOID (96) in ihrer Annahme, daß die Größe der Antimonelektrode ein Fehlerfaktor bei den Messungen sei. 1961 weist SAUERWEIN (77) nach, daß seine Antimonelektrode im Bereich von 3,88 bis 6,41 pH mit den Werten der Glaselektrode übereinstimmen. Im selben Jahr vergleichen SAND und MÖRCH (76) ihre Elektroden mit der Glaselektrode und bestätigen, daß zwischen der Antimonelektrode und der Glaselektrode in Pufferlösungen eine Differenz bestehen.

1962 vergleichen DIRKSEN und Mitarbeiter (20) die Elektroden miteinander und kommen zu den gleichen Schluß, wie 1958 KLEINBERG (55,56), daß die Glaselektroden und die Antimonelektrode bis pH 6,7 die gleiche EMK-Kurve haben, dann aber bei steigendem pH-Wert divergieren.

Nach dem oben Gesagten scheint die Glaselektrode die genauere Methode der pH-Messung zu sein. Daher wird sie auch in der Zahnheilkunde zu vielen pH-Messungen benützt. (GROßMANN und BRINKMANN 36, EISENBRANDT 23,24, ANDERSON 1,2, TULLAR 97 und NOLTE 69.) Aber die Tendenz ist sehr groß

bei pH-Messungen der Kariesläsionen, Gingivaltaschen die strapazierfähigere Antimonelektrode der sehr fragilen Glaselektrode vorzuziehen.

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

I. Material und Methode

1. Elektrodenherstellung. Bei der G l a s e l e k -
t r o d e verwenden wir eine Sonderausführung der Firma
Ingold K.G. vom Typ 203 mit einer Flachmembran deren
Querschnitt 2mm beträgt.

Als B e z u g s e l e k -
t r o d e wird eine gesättigte Kalomelektrode benützt,
die über ein u-förmiges Rohr mittels eines Diaphragmas
mit der Mundhöhle verbunden wird.

Die gegossene A n t i m o n -
e l e k t r o d e stellen wir selbst nach den Angaben von
KORDATZKI (59) her und zwar mit einem Durchmesser von 2mm,
wie bei der Glaselektrode.

Drei weitere A n t i m o n -
e l e k t r o d e n wurden in Anlehnung an die Angaben
von SAUERWEIN (77,78) und BLOOM (8) auf die Stahlbasis her-
gestellt. Nur die Art der Verbindung des Stahles mit der
ableitenden Kupferlitze wurde modifiziert.

Dabei wurde:

- a) wie bei SAUERWEIN (77,78) der V_2A -Stahl mit der Elektrodenableitung verlötet,
- b) das Ende des V_2A -Stahls mit der Kupferlitze unter Helium-Schutz-Gas verschweißt und
- c) eine Verbindung zwischen dem V_2A -Stahl und der Ableitung durch eine Druckmanschette hergestellt.

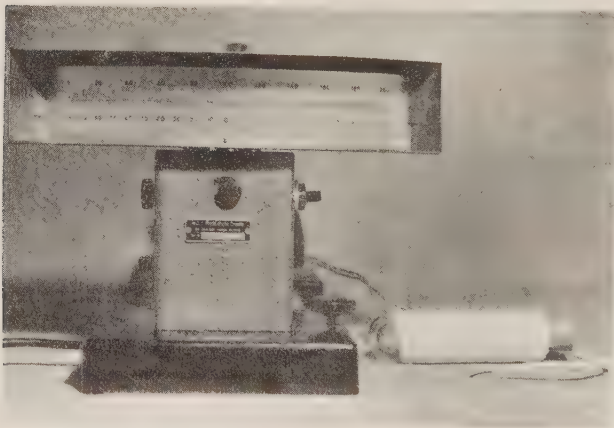
2. Meßgeräte. Für alle Versuche wurde das Knick-pH-Meter vom Typ 29 der Firma Gossen, Berlin, mit der Genauigkeit von $\pm 0,02\text{pH}/\text{Einheit}$ benützt.

3. Eichung der Elektroden. Zur Eichung wurden verschiedene Standardpuffer der Firma Merck vom pH-Wert 3 bis 9 verwandt. Die Pufferlösungen wurden bei 20°C 3mal durchgemessen. Zwischen den einzelnen Messungen wurden die Elektroden immer mit aqua dest. abgespült, mit Zellstoff abgewischt und getrocknet. Der Mittelwert der Messungen wurde als Eichwert notiert.

4. Temperaturmessungen. Die Temperaturmessungen wurden mit einem Mikrothermoelement (Kupfer-Konstantan) durchgeführt und die Temperatur von einem Galvanometer abgelesen. Das Ende des mundnahen Elementes wurde so fein gestaltet, daß es einer zahnärztlichen Sonde gleich kam. Man konnte damit auch die Taschen und die Interdentalräume erreichen. Die Ableitung des Thermoelementes wurde mit einer Kunst-

stoffschicht, dann mit Glaswolle und Paraffin überzogen. So erhielten wir einen guten Wärmeschutz gegenüber der haltenden Hand.

Um eine konstante Temperatur an der mundfernen Lötstelle zu wahren, wurden sie einzeln isoliert und in ein verspiegeltes Dewargefäß gebracht. Dieses wurde mit dem Thermoelement verbunden, so daß ein handliches Gerät entstand.



Thermoelement und Galvanometer zur
Temperaturmessung

Das Galvanometer wurde in der üblichen Weise geeicht, nachdem der Nullpunkt des Gerätes genau überprüft worden war. Auf diese Weise konnte man auf $1/10^{\circ}\text{C}$ genau die Temperatur messen.

II. Ergebnisse

Die Ergebnisse sollen in chronologischer Folge der einzelnen Untersuchungen aufgeführt werden. Dabei war zunächst sicher zu stellen, ob es bei der Verwendung der Antimon-elektrode mit verschieden angefertigten Kabelanschlüssen zu unterschiedlichen Meßergebnissen kommt. Dann folgten vergleichende Untersuchungen zwischen der Glas- und Antimonelektrode in Pufferlösungen, um genaue Ausgangswerte zu bekommen. Schließlich wurden beide Elektroden in Pufferlösungen bei fallender Temperatur kontrolliert.

Als Nächstes wurden im Munde die Wärmemessungen vorgenommen, daran schloß sich die Eichung der Elektroden auf die ermittelten Mundtemperaturwerte an. Nun erst konnte bei gesunden Probanden der pH-Wert im Mundboden bei Ruhe-Nüchternspeichel vergleichend untersucht werden. Ferner wurde der pH-Wert in den Interdentalräumen des Ober- und Unterkiefers bestimmt.

Zum Abschluß wurde noch der Ruhe- Nüchternspeichel bei erhöhter und normaler Körpertemperatur untersucht und der pH-Wert des Ruhe- Nüchternspeichels im Mundboden mit dem pH- Wert in kariösen Läsionen bei normaler Körpertemperatur verglichen.

1. Vergleich der 4 verschieden angebrachten Ableitungen der Elektroden. Je 2 Antimonelektroden wurden auf verschiedene Arten mit der abführenden Kupferlitze verbunden.

Gruppe a: Elektrode und Litze wurden weich gelötet.

Gruppe b: Elektrode und Litze wurden unter Helium-Schutzgas verschweißt.

Gruppe c: Elektrode und Litze wurden mit einer Druckmanschette verbunden.

Gruppe d: Kupferlitze wurde eingegossen.

Auf diese Art sollte untersucht werden, ob ein mögliches Oxydationselement an der Verbindungsstelle auf die Genauigkeit der Messung Einfluß hat.

Die Antimonelektroden wurden nach jeder Messung in den Puffern sorgfältig mit destilliertem Wasser abgespült und mit Zellstoff getrocknet. Jede Messung wurde mindestens 6 mal wiederholt, so daß sich Mittelwerte ergaben, die in der folgenden Tabelle festgehalten sind und in EMK (elektromotorische Kraft) angegeben sind.

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß die Verbindung Elektrode/Kupferlitze keinen ausschlaggebenden Einfluß auf die Genauigkeit der Elektrode hat.

EMK in Millivolt der 4 verschiedenen Gruppen der
Antimonelektroden.
bei 20° Celcius

pH-Wert	EMK in Millivolt (mV)			
	Gruppe a	Gruppe b	Gruppe c	Gruppe d
3,0	170 ±0,1	171 ±1,0	170 ±0,1	171 ±0,5
4,0	232 ±1,0	231 ±1,0	231 ±0,5	231 ±0,7
5,0	292 ±1,5	290 ±0,5	290 ±0,5	290 ±0,5
6,0	353 ±2,5	352 ±1,0	352 ±1,0	354 ±1,5
7,0	390 ±1,0	390 ±0,5	395 ±0,5	390 ±1,0
8,0	435 ±1,0	430 ±1,0	435 ±1,0	430 ±0,5
9,0	480 ±0,5	480 ±0,5	480 ±0,5	480 ±0,5

2. Vergleichende Messungen zwischen der Glas- und Antimonelektrode bei verschiedenen pH-Werten.

Hierbei wurde die Antimonelektrode nach SAUERWEIN (78) mit einer Druckmanschette verwandt. Die Glaselektrode wurde bereits eingangs beschrieben. Auch hier wurde nach jeder Messung die Elektroden sorgfältig mit aqua. dest. abgespült und mit Zellstoff getrocknet. Ebenso wurde jede Messung 6 mal wiederholt, so daß sich folgende Mittelwerte ergaben :

EMK in Millivolt bei der Glaselektrode
bei 20° Celcius

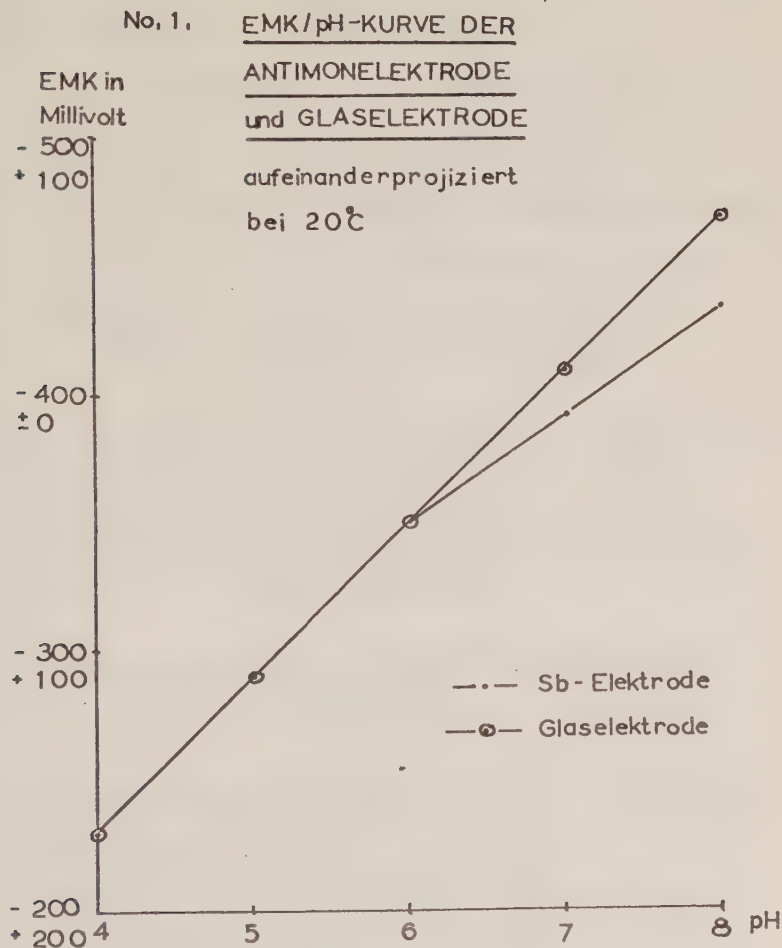
pH-Wert	3	4	5	6	7	8	9
EMK mV	+230	+170	+110	+50	-10	-70	-130

EMK in Millivolt bei der Antimonelektrode
der Gruppe c
bei 20° C.

pH-Wert	3	4	5	6	7	8	9
EMK mV	+170	+231	+290	+352	+395	+435	+480

Projiziert man die EMK-Kurve der Mittelwerte der Antimon- und der Glaselektrode aufeinander, so stellt man fest, wie Abb. 1 zeigt, daß in einem Bereich von pH 3 bis pH 6 die Kurven der Glas- und Antimonelektrode übereinstimmen.

Bei pH 6 knickt die Kurve der Antimonelektrode ab und hat bis pH 9 eine andere Neigung.



Grenzwerte und Signifikanz:

Bei den pH-Wert pH 7 ist der Mittelwert der Antimonelektrode 395,5 mV. Die Streuung der Einzelwerte ergibt sich nach der Formel:

$$\sigma = \sqrt{\frac{3(m - x_n)^2}{n - 1}}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\bar{\sigma} = 0,5$$

Daraus erhält man den Grenzwert $3 \bar{\sigma} = 1,5$ in 99,6% aller Werte. Der Mittelwert ist signifikant verschieden von einem anderen, wenn dieser

kleiner ist als	$m - 1,5$	oder
größer ist als	$m + 1,5$	also
kleiner ist als	394 mV	oder
größer ist als	397 mV.	

In der folgenden Tabelle wurden die Mittelwerte der Antimon- und der Glaselektrode im Bereich des pH-Wertes von pH 7 bis pH 9 in ihrer Signifikanz gegenübergestellt. Bei den Werten der Glaselektrode mußte man wiederum 400mV addieren um den höheren Eingangswiderstand zu kompensieren.

Signifikanz der Mittelwerte der Glas- und Antimon-
elektroden.

Elektrode		7pH	8pH	9pH
Glas- elektr.	min.	409,9 mV	470,0 mV	529,9 mV
	max.	410,1 mV	470,0 mV	530,1 mV
Antimon- elektr.	min.	394,0 mV	430,0 mV	480,0 mV
	max.	397,0 mV	433,0 mV	480,0 mV

Aus der Tabelle ist deutlich zu ersehen, daß die Glas- und die Antimonelektrode im Bereich der pH-Werte pH 7 bis pH 9 signifikant verschieden sind.

3. Wärmemessungen

a) An den Zähnen. Die Messungen wurden bei geöffnetem Munde ausgeführt. Der Patient wurde gebeten, nicht durch den Mund zu atmen und die Zunge nicht zu bewegen. Die Lippen wurden während der Messung im Oberkiefer in gleicher Weise weggehalten. Ebenso im Unterkiefer. Der Atemstrom aus der Nase wurde mittels eines Schutzes von dem Messbereich ferngehalten.

Um Vergleichswerte zu erhalten wurden die Messungen immer im rechten Oberkiefer buccal des 2. Molaren begonnen und an der Zahnreihe entlang fortgesetzt. Vor Beginn jeder Messung wurde das Gerät auf den Nullpunkt getestet.

Die Messungen wurden 4 mal wiederholt und erfolgten am Vormittag nach dem Frühstück in der Zeit zwischen 9 - 11 Uhr.

Daraus ergaben sich folgende Mittelwerte für die einzelnen Probanden:

Temperaturen der Zähne im Oberkiefer
buccal gemessen in Grad Celsius

Zähne	Probanden							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
7+	34,4 ±0,6	34,0 ±0,4	34,8 ±0,8	36,5 ±0,2	33,8 ±0,4	35,0 ±0,5	34,0 ±0,5	35,4 ±0,4
6+	33,7 ±0,2	33,6 ±0,1	33,2 ±0,1	35,8 ±0,4	33,8 ±0,1	34,8 ±0,4	33,5 ±0,7	34,9 ±0,1
5+	33,5 ±0,2	32,7 ±0,5	32,2 ±0,2	34,9 ±0,2	33,3 ±0,2	33,6 ±0,5	33,0 ±0,4	34,4 ±0,4
4+	33,5 ±0,3	32,5 ±0,2	31,5 ±0,5	33,4 ±0,6	32,4 ±0,6	33,3 ±0,4	32,4 ±0,4	33,9 ±0,5
3+	32,9 ±0,1	32,0 ±0,3	31,5 ±0,4	33,5 ±0,9	31,5 ±0,6	32,9 ±0,6	32,1 ±0,5	-- --
2+	31,6 ±0,7	31,6 ±0,2	31,2 ±0,1	32,5 ±0,3	30,8 ±0,5	32,7 ±0,2	31,7 ±0,2	33,4 ±0,7
1+	30,8 ±0,9	31,6 ±0,6	31,1 ±0,1	32,1 ±0,5	30,8 ±0,5	32,5 ±0,5	31,7 ±0,4	32,4 ±0,8
+1	30,8 ±0,8	31,3 ±0,6	31,1 ±0,1	32,1 ±1,5	30,8 ±0,5	32,5 ±0,5	31,7 ±0,5	32,9 ±0,8
+2	30,9 ±0,9	31,6 ±0,6	31,3 ±0,5	32,1 ±1,5	31,5 ±0,5	32,5 ±0,5	31,8 ±0,2	32,2 ±0,3
+3	33,2 ±0,5	32,4 ±0,5	31,6 ±0,4	32,4 ±0,8	31,4 ±1,2	32,4 ±0,6	32,9 ±0,2	33,7 ±0,5
+4	33,6 ±0,2	32,9 ±0,2	31,9 ±0,6	33,4 ±0,6	32,1 ±0,9	33,2 ±0,4	32,5 ±0,1	33,8 ±0,5
+5	33,7 ±0,3	33,6 ±0,5	-- --	33,9 ±0,7	32,9 ±0,6	34,5 ±0,4	33,1 ±0,2	34,2 ±0,2
+6	33,8 ±0,3	34,3 ±0,3	33,2 ±0,9	34,5 ±0,8	33,8 ±0,4	34,7 ±0,4	33,8 ±0,4	34,8 ±0,5
+7	34,9 ±0,5	34,6 ±0,1	33,7 ±0,4	36,5 ±0,2	34,3 ±0,8	34,9 ±0,2	34,4 ±0,6	35,2 ±0,2

Temperaturen der Zähne im Unterkiefer

buccal gemessen in Grad Celcius

Zähne	Probanden							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
7-	34,9 ±0,1	35,2 ±1,0	36,0 ±0,1	37,2 ±0,6	35,0 ±0,7	35,7 ±1,2	36,9 ±0,3	36,3 ±0,4
6-	33,3 ±0,3	34,6 ±0,4	35,6 ±0,4	37,0 ±0,7	34,6 ±0,2	36,3 ±0,8	36,0 ±0,6	36,1 ±0,3
5-	33,2 ±0,1	34,5 ±0,2	34,2 ±0,2	36,2 ±0,5	33,8 ±0,3	34,2 ±0,3	35,8 ±0,3	35,5 ±0,2
4-	33,2 ±0,1	34,1 ±0,2	34,5 ±0,2	36,0 ±0,2	33,7 ±0,1	33,9 ±0,6	35,7 ±0,2	35,4 ±0,4
3-	33,1 ±0,2	33,8 ±1,0	33,5 ±0,5	35,6 ±0,4	33,4 ±0,4	33,5 ±0,5	-- --	34,9 ±0,4
2-	32,6 ±0,5	33,3 ±0,8	33,3 ±0,5	35,5 ±0,5	33,3 ±0,6	33,3 ±0,6	35,6 ±0,8	33,9 ±0,4
1-	32,6 ±0,5	33,3 ±0,3	33,3 ±0,5	33,5 ±0,6	33,2 ±0,6	33,3 ±0,4	33,6 ±0,9	33,9 ±0,5
-1	32,5 ±0,4	33,2 ±0,3	33,2 ±0,5	35,5 ±0,6	33,1 ±0,6	33,3 ±0,4	34,8 ±0,5	33,7 ±0,5
-2	32,5 ±0,4	33,3 ±0,8	33,1 ±0,9	35,5 ±0,6	33,2 ±0,7	33,3 ±0,5	34,9 ±0,6	33,7 ±0,5
-3	32,9 ±0,5	33,8 ±1,0	33,8 ±0,3	35,5 ±0,6	33,6 ±0,6	33,5 ±0,5	34,6 ±1,3	34,7 ±0,5
-4	33,5 ±0,5	34,2 ±0,2	-- --	35,5 ±0,6	34,0 ±0,5	34,0 ±0,9	35,5 ±0,8	34,8 ±0,7
-5	34,3 ±0,4	34,9 ±0,2	34,2 ±0,2	36,0 ±0,8	34,0 ±0,5	34,3 ±0,3	35,8 ±0,8	35,4 ±0,4
-6	34,5 ±0,4	-- --	35,6 ±0,4	36,2 ±0,5	34,5 ±0,5	35,2 ±0,3	36,3 ±0,7	36,0 ±0,4
-7	35,1 ±0,2	35,3 ±1,0	36,0 ±0,5	37,3 ±0,5	35,0 ±0,6	35,4 ±0,6	36,4 ±0,5	36,2 ±0,4

Temperaturen der Zähne im Oberkiefer
palatinal gemessen in Grad Celcius

Zähne	Probanden							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
7+	35,2 ±0,8	34,9 ±0,9	36,0 ±0,1	36,8 ±0,3	34,2 ±0,6	35,1 ±0,5	35,4 ±0,9	35,1 ±0,6
6+	35,0 ±0,6	34,6 ±0,3	35,0 ±1,0	36,3 ±0,1	34,1 ±0,5	34,8 ±0,4	35,3 ±0,8	35,8 ±0,8
5+	34,3 ±0,6	33,9 ±0,4	35,0 ±1,0	35,8 ±0,3	33,4 ±0,6	34,6 ±0,3	34,9 ±0,7	35,4 ±0,7
4+	33,8 ±0,5	33,3 ±0,3	33,5 ±0,5	34,8 ±0,1	33,1 ±0,5	34,4 ±0,1	34,4 ±1,5	35,1 ±0,7
3+	32,7 ±0,1	32,9 ±0,2	33,6 ±0,8	34,0 ±0,8	34,9 ±0,3	32,7 ±0,5	34,2 ±0,5	-- --
2+	32,6 ±0,1	32,6 ±0,2	33,1 ±0,8	34,4 ±1,4	32,2 ±0,3	33,5 ±0,5	32,9 ±1,2	34,8 ±0,5
1+	32,6 ±0,5	32,6 ±0,6	33,1 ±0,8	33,4 ±1,4	32,2 ±0,3	33,2 ±0,2	32,9 ±1,2	33,8 ±0,5
+1	32,6 ±0,5	32,6 ±0,2	33,0 ±0,7	33,4 ±1,4	32,4 ±0,3	33,2 ±0,3	32,9 ±1,2	33,9 ±0,6
+2	32,6 ±0,5	32,6 ±0,1	33,0 ±0,7	33,4 ±1,4	32,2 ±0,3	33,3 ±0,3	32,9 ±1,2	34,2 ±0,6
+3	32,7 ±0,5	33,3 ±0,3	33,2 ±1,2	34,0 ±0,8	32,8 ±0,3	33,7 ±0,4	33,3 ±1,5	34,7 ±0,3
+4	33,3 ±0,4	34,2 ±0,3	34,3 ±1,0	34,0 ±0,2	33,1 ±0,5	33,3 ±0,1	34,6 ±1,4	35,1 ±0,5
+5	33,6 ±0,4	34,4 ±0,5	-- --	35,1 ±0,9	33,4 ±0,9	34,7 ±0,7	34,8 ±0,2	35,5 ±1,2
+6	34,1 ±0,1	34,6 ±0,3	35,2 ±0,9	35,5 ±0,8	34,1 ±0,3	34,9 ±0,4	35,2 ±1,9	36,3 ±0,2
+7	34,8 ±0,5	35,0 ±0,2	35,6 ±0,6	35,6 ±0,2	36,9 ±0,6	34,5 ±0,5	34,9 ±1,8	35,3 ±0,5

Temperaturen der Zähne im Unterkiefer

lingual gemessen in Grad Celcius

Zähne	Probanden							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
7-	36,2 ±0,3	35,4 ±0,5	36,8 ±0,6	37,3 ±0,6	35,8 ±0,8	35,8 ±0,8	37,2 ±0,7	36,6 ±0,3
6-	35,7 ±0,6	34,7 ±0,8	36,4 ±0,5	37,1 ±0,8	35,0 ±0,7	35,0 ±0,3	35,8 ±0,4	36,9 ±0,6
5-	35,1 ±0,5	34,8 ±0,6	36,1 ±0,1	36,7 ±0,8	35,2 ±0,5	34,4 ±0,6	36,2 ±0,3	35,9 ±0,9
4-	34,6 ±0,8	34,5 ±0,4	35,7 ±0,3	36,2 ±0,5	34,9 ±0,2	34,6 ±0,6	36,0 ±0,3	35,8 ±0,3
3-	33,9 ±1,0	34,4 ±0,5	35,6 ±0,4	35,6 ±1,0	35,7 ±0,3	34,8 ±0,6	34,2 ±0,2	35,4 ±0,5
2-	33,8 ±0,9	34,2 ±0,5	33,9 ±0,5	36,6 ±0,1	34,3 ±0,5	33,9 ±0,6	34,9 ±0,7	35,4 ±1,0
1-	33,5 ±0,6	33,8 ±0,8	33,8 ±0,2	35,6 ±0,1	34,2 ±0,5	33,9 ±0,6	34,9 ±0,6	35,2 ±0,8
-1	32,9 ±0,6	33,8 ±0,8	33,4 ±0,7	35,6 ±0,1	34,3 ±0,5	33,9 ±0,6	34,9 ±0,7	35,2 ±0,8
+2	32,9 ±0,6	34,0 ±1,0	33,4 ±0,4	35,0 ±0,1	34,3 ±0,1	33,9 ±0,2	34,9 ±0,7	35,3 ±0,7
-3	33,7 ±0,2	34,0 ±0,5	34,9 ±0,9	35,7 ±0,1	34,7 ±0,3	34,2 ±0,6	35,4 ±0,1	35,4 ±0,8
-4	34,3 ±0,2	34,5 ±0,4	-- --	36,5 ±0,2	34,8 ±0,1	34,4 ±0,4	35,7 ±0,1	35,7 ±0,8
-5	35,3 ±0,5	34,9 ±0,6	36,0 ±0,2	36,7 ±0,8	35,1 ±0,1	34,9 ±0,5	35,9 ±0,2	36,4 ±0,4
-6	35,7 ±0,6	-- --	36,3 ±0,5	37,2 ±0,8	35,3 ±0,8	35,6 ±0,3	36,9 ±0,8	36,3 ±0,7
-7	36,2 ±0,3	35,5 ±0,5	36,6 ±0,2	37,3 ±0,6	35,5 ±0,1	35,7 ±0,8	37,1 ±0,3	36,6 ±0,7

Temperaturen der Zähne im Oberkiefer
fissural gemessen in Grad Celcius

Zähne	Probanden							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
7+	34,5 ±0,8	34,8 ±0,6	34,2 ±0,2	36,8 ±0,5	33,9 ±0,4	35,0 ±0,5	33,1 ±0,5	36,1 ±0,8
6+	34,4 ±0,4	34,4 ±1,0	34,0 ±0,2	36,3 ±0,5	33,8 ±0,3	34,7 ±0,5	33,0 ±0,4	35,6 ±0,7
5+	34,2 ±0,7	33,8 ±0,4	33,6 ±0,2	35,7 ±0,5	33,8 ±0,5	34,2 ±0,8	32,6 ±0,5	35,0 ±0,5
4+	33,5 ±0,4	33,2 ±0,5	33,6 ±0,2	35,4 ±0,4	32,9 ±0,3	32,7 ±0,5	33,4 ±0,2	34,7 ±0,4
+4	33,1 ±0,4	33,4 ±0,3	33,2 ±0,3	35,3 ±0,3	32,9 ±0,6	33,6 ±0,4	33,2 ±0,2	34,8 ±0,2
+5	33,7 ±0,3	33,9 ±0,6	-- --	35,5 ±0,5	33,0 ±0,7	34,5 ±0,3	33,4 ±0,6	35,0 ±0,5
+6	34,2 ±0,6	34,4 ±0,3	34,1 ±0,4	36,1 ±0,5	33,9 ±0,4	34,8 ±0,3	33,0 ±0,4	35,2 ±0,5
+7	34,6 ±0,8	34,7 ±0,3	34,8 ±0,8	36,7 ±0,2	34,3 ±0,6	35,0 ±0,4	33,1 ±0,6	35,8 ±0,4

Temperaturen der Zähne im Unterkiefer
fissural gemessen in Grad Celcius

Zähne	Probanden							
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
7-	35,7 ±0,5	35,3 ±0,2	36,2 ±0,2	36,1 ±0,7	34,9 ±0,6	35,7 ±0,8	36,0 ±0,3	36,2 ±1,0
6-	35,4 ±0,5	35,2 ±0,1	36,1 ±0,2	36,4 ±0,1	34,6 ±0,7	35,6 ±0,3	35,3 ±0,7	35,9 ±0,1
5-	34,4 ±0,9	34,2 ±0,5	35,6 ±0,2	36,3 ±0,6	34,5 ±0,5	34,5 ±0,1	34,9 ±0,2	35,8 ±0,1
4-	34,4 ±0,9	34,8 ±0,8	34,9 ±0,4	35,5 ±0,1	34,2 ±0,4	34,1 ±0,5	34,6 ±0,4	35,4 ±0,9
-4	34,4 ±0,7	34,6 ±0,7	-- --	35,7 ±0,1	34,7 ±0,1	34,1 ±0,1	34,6 ±0,2	36,6 ±0,2
-5	34,7 ±0,6	35,2 ±0,5	35,2 ±0,2	35,8 ±0,4	34,9 ±0,1	34,8 ±0,4	34,9 ±0,5	35,8 ±0,9
-6	35,4 ±0,5	-- --	35,6 ±0,4	36,6 ±0,3	34,6 ±0,4	35,5 ±0,8	35,2 ±0,2	35,9 ±0,9
-7	35,7 ±0,6	35,9 ±0,3	36,2 ±0,2	36,9 ±0,2	35,1 ±0,4	35,7 ±0,3	35,6 ±0,8	36,2 ±0,5

Temperaturen der Zähne im Oberkiefer
interdental gemessen in Grad Celcius

Zähne	Probanden					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
7/6+	35,9 ±0,5	35,7 ±0,6	36,1 ±0,5	35,6 ±0,2	35,1 ±1,0	36,1 ±0,1
6/5+	35,5 ±0,1	35,1 ±0,6	35,4 ±0,1	35,4 ±0,3	35,2 ±0,3	34,3 ±0,1
5/4+	35,2 ±0,1	34,7 ±0,5	34,8 ±0,1	34,9 ±0,3	33,8 ±1,0	34,3 ±0,3
4/3+	34,8 ±0,1	34,3 ±0,3	34,8 ±0,5	34,3 ±0,4	32,7 ±1,8	34,5 ±0,4
3/2+	-- --	33,9 ±0,5	34,2 ±0,5	34,2 ±0,4	31,7 ±1,8	34,2 ±0,2
2/3+	34,4 ±0,2	33,9 ±0,5	34,9 ±0,4	34,1 ±0,1	31,6 ±1,8	34,1 ±0,1
1/1	33,9 ±0,2	34,0 ±0,2	33,6 ±0,2	34,3 ±0,1	31,3 ±0,2	31,3 ±0,3
+1/2	34,2 ±0,4	34,5 ±0,2	33,6 ±0,1	33,9 ±0,3	32,4 ±1,6	33,8 ±0,3
+2/3	34,6 ±0,4	34,8 ±0,1	34,2 ±0,3	34,2 ±0,4	32,8 ±1,4	35,1 ±0,4
+3/4	34,8 ±0,2	35,3 ±0,1	35,7 ±0,4	34,3 ±0,4	33,3 ±1,3	35,1 ±0,1
+4/5	35,5 ±0,2	35,8 ±0,3	35,7 ±0,5	34,6 ±0,6	34,1 ±0,2	35,6 ±0,1
+5/6	35,9 ±0,3	36,2 ±0,3	35,9 ±0,3	35,2 ±0,3	34,6 ±1,2	35,9 ±0,5
+6/7	36,2 ±0,3	36,4 ±0,3	36,2 ±0,4	35,6 ±0,5	35,1 ±0,3	36,1 ±1,0

Temperaturen der Zähne im Unterkiefer
interdental gemessen in Grad Celcius

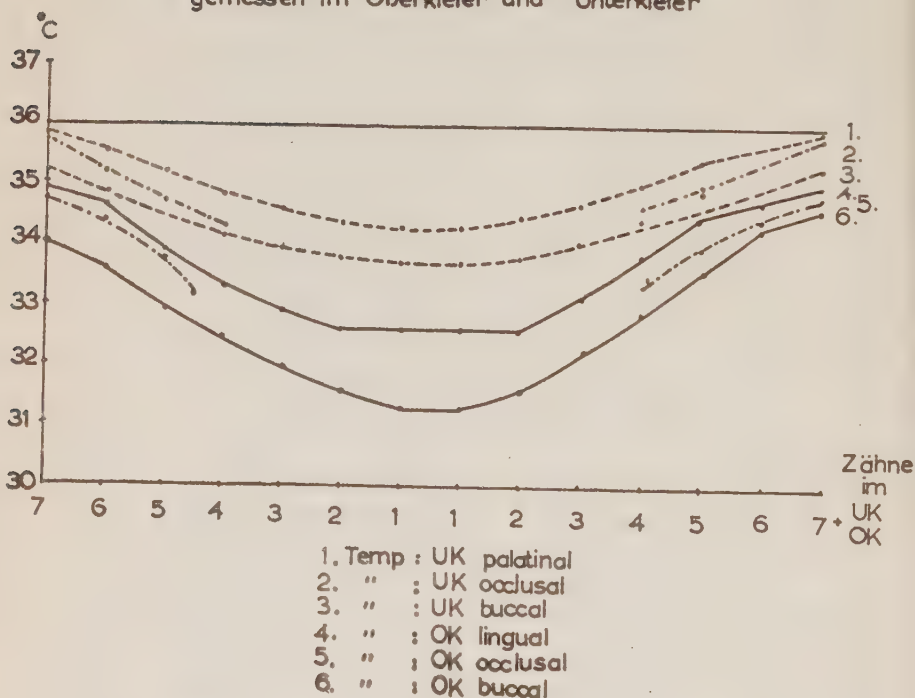
Zähne	Probanden					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
7/6+	36,7 ±0,2	36,4 ±0,4	35,8 ±0,6	35,9 ±0,4	35,7 ±0,5	36,4 ±0,4
6/5+	36,3 ±0,3	35,7 ±0,6	35,2 ±0,7	35,6 ±0,4	35,3 ±0,4	36,2 ±0,3
5/4+	35,9 ±0,8	35,1 ±0,5	34,4 ±0,2	35,2 ±0,3	34,9 ±0,4	35,6 ±0,7
4/3+	35,6 ±0,5	34,7 ±0,6	34,3 ±1,6	35,0 ±0,3	35,1 ±0,3	34,8 ±0,3
3/2-	-- --	34,4 ±0,5	34,5 ±1,5	34,6 ±0,2	34,9 ±0,2	34,5 ±1,3
2/1-	35,1 ±0,5	34,5 ±0,8	33,6 ±0,8	34,6 ±0,2	34,7 ±0,1	34,5 ±1,4
1/1	35,0 ±0,2	34,5 ±0,7	33,5 ±1,3	34,3 ±0,1	34,3 ±0,1	34,3 ±1,5
-1/2	34,9 ±0,3	33,8 ±0,9	34,4 ±1,4	34,4 ±0,5	34,6 ±0,2	34,5 ±1,3
-2/3	35,5 ±0,4	35,7 ±0,5	34,0 ±1,2	34,5 ±0,5	34,6 ±0,2	34,9 ±1,0
-3/4	35,7 ±0,2	35,4 ±0,7	35,4 ±0,6	34,6 ±0,1	35,3 ±0,4	35,2 ±1,0
-4/5	35,9 ±0,5	36,3 ±0,4	35,6 ±0,3	34,9 ±0,2	35,4 ±0,3	35,8 ±0,9
-5/6	36,0 ±0,1	36,7 ±0,4	36,2 ±0,3	36,4 ±0,1	35,7 ±0,5	36,3 ±0,8
-6/7	36,6 ±0,1	36,7 ±0,4	36,2 ±0,2	36,4 ±0,2	35,7 ±0,6	36,3 ±0,2

Aus diesen Messungen wurden für die einzelnen Zähne die Mittelwerte errechnet und diese in das nachfolgende Koordinatensystem eingetragen.

No. 2.

TEMPERATUREN

gemessen im Oberkiefer und Unterkiefer



Aus den Tabellen und der Abbildung Nr. 2 geht eindeutig hervor, daß im Munde nicht nur die Temperatur herrscht, die der Körpertemperatur entspricht. Es besteht hier eine Schwankung von $31,5^{\circ}\text{C}$ bis 36°C .

b) Mundbodentemperatur. Um gültige Vergleichswerte zu bekommen fordert NAUJOKS (68) den Ruhe-Nüchtern-Speichel im Mundboden zu messen. So wurde vor der pH-Wert-Bestimmung die Mundbodentemperatur ebenfalls untersucht. Bei diesen Messungen wurden die Probanden gebeten, das Thermoelement auf den Mundboden zu legen, die Zunge darüber zu bringen und den Mund zu schließen. Während der Messung sollte die Zunge möglichst nicht bewegt und durch die Nase geatmet werden. Die Ausatemluft störte bei diesen Messungen kaum, da der Mund geschlossen blieb. Jede Messung wurde 4 mal wiederholt. Gemessen wurde wiederum nach dem Frühstück in der Zeit zwischen 9 - 11 Uhr.

Temperaturen im Mundbodenbereich

Mittelwerte in Grad Celcius

Proband	Temperatur	
1.	36,4	$\pm 0,4$
2.	36,9	$\pm 0,4$
3.	36,8	$\pm 0,5$
4.	37,5	$\pm 0,5$
5.	35,5	$\pm 0,3$
6.	36,5	$\pm 0,4$
7.	37,2	$\pm 0,1$
8.	37,6	$\pm 0,1$
9.	36,2	$\pm 0,2$
10.	36,5	$\pm 0,2$
11.	35,5	$\pm 0,2$

Die Werte lassen erkennen, daß die Mundbodentemperatur immer neu gemessen werden muß, da sie der Körpertemperatur mehr oder weniger entspricht und wie diese, Schwankungen unterworfen ist.

Nach dem Trinken oder Essen erniedrigt sich die Temperatur im Munde gegenüber der Temperatur bei längerem Schluß des Mundes.

Dies sei an der folgenden Tabelle gezeigt:

Temperaturen des Mundbodens bei Ruhe-Nüchtern-Zustand,
nach dem Zähneputzen und nach dem Frühstück in Grad Cel.

Proband	Ru-Nü-Temp.	N.d. Zähnep.	n.d. Frühstück
9.	36,2 ±0,2	35,3 ±0,3	36,6 ±0,2
10.	35,6 ±0,2	35,2 ±0,3	35,3 ±0,2
11.	35,8 ±0,1	34,4 ±0,1	35,2 ±0,2
12.	36,7 ±0,1	36,1 ±0,4	35,9 ±0,6

4. Vergleichende pH-Messungen mit der Antimon- und Glaselektrode unter Berücksichtigung bei örtlichen Temperaturen.

a. Eichung der Elektroden auf die Temperatur im Mundboden. Nachdem die Temperaturen im Bereich des Mundes festgestellt wurden, ist es notwendig die EMK-pH-Kurve der Antimonelektrode und der Glaselektrode im Bereich der verschiedenen Mundtemperaturen zu überprüfen.

Die Puffer wurden im Wasserbad auf die gewünschte Temperatur (20°C, 25°C, 30°C, 35°C, 40°C) zusammen mit der Messelektrode und der Bezugselektrode gebracht. Die Messungen wurden 30sec. lang mit der Antimonelektrode und der Glaselektrode vorgenommen. Da durch die Erwärmung und Verdunstung der pH-Wert des Puffers verändert wird, wurden - um diesen Fehler auszuschließen - für jede Messung frische Puffer verwandt.

Es ergaben sich folgende Mittelwerte für die Glaselektrode:

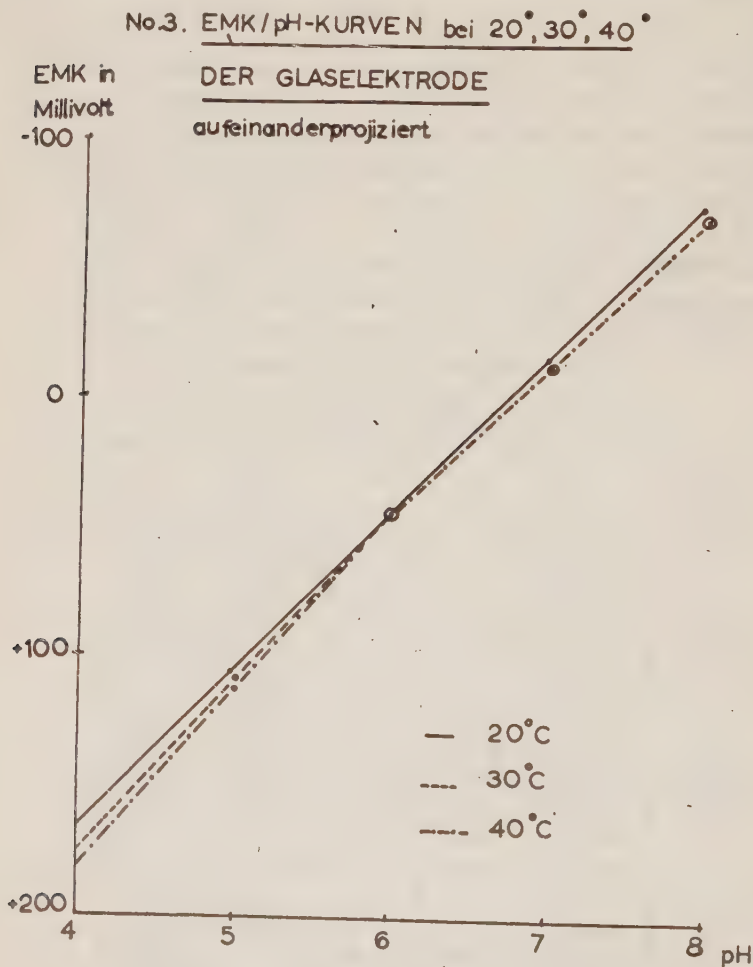
Die Abweichung des pH-Wertes in Beziehung zur

Temperatur

mit der Glaselektrode gemessen in Millivolt

pH-Wert	40°C	35°C	30°C	25°C	20°C
4,0	+175,0 ±3,0	+175,0 ±2,5	+172,5 ±1,0	+167,5 ±1,0	+165,0 ±0,5
5,0	+112,5 ±3,5	+112,5 ±3,5	+111,5 ±6,5	+111,5 ±6,5	+108,5 ±2,5
6,0	+44,5 ±2,0	+44,0 ±2,0	+44,0 ±2,0	+44,0 ±2,0	+44,0 ±2,0
7,0	-13,5 ±2,0	-14,5 ±2,0	-14,0 ±4,0	-14,0 ±4,0	-14,0 ±4,0
8,0	-71,0 ±1,0	-70,0 ±1,0	-70,0 ±2,0	-70,0 ±2,0	-70,0 ±2,0
9,0	-132,5 ±2,5	-130,0 ±2,0	-130,0 ±2,0	-130,0 ±2,0	-130,0 ±2,0

Bei der graphischen Darstellung der Werte in ein Koordinatensystem wird deutlich, daß bei pH 6 die geringsten Abweichungen vorhanden sind. Die Veränderungen der Werte im alkalischen und sauren Bereich nehmen auch bei der Glaselektrode geringfügig zu, wie das bei Abb. Nr.3 sichtbar ist.

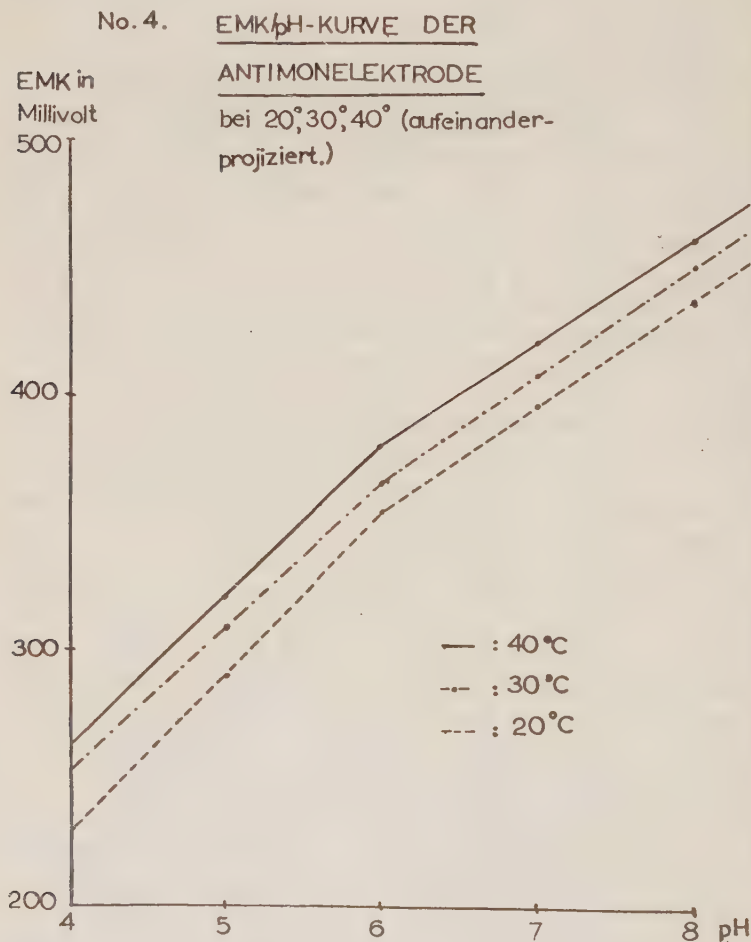


Die Abweichung des pH-Wertes in Beziehung zur
Temperatur

mit der Antimonelektrode gemessen in Millivolt.

pH-Wert	40°C	35°C	30°C	25°C	20°C
3,0	210 ±2,5	210 ±2,0	208 ±1,0	200 ±3,0	170 ±1,5
3,5	240 ±4,0	235 ±4,6	230 ±4,0	225 ±4,0	200 ±4,5
4,0	265 ±2,5	260 ±1,0	255 ±5,0	255 ±2,5	232 ±1,0
4,5	295 ±5,0	290 ±4,0	285 ±4,5	280 ±4,0	260 ±4,0
5,0	320 ±2,5	315 ±2,5	310 ±1,0	310 ±2,5	290 ±1,0
5,5	350 ±5,5	350 ±4,0	340 ±5,0	340 ±4,5	320 ±4,0
6,0	380 ±3,0	370 ±3,0	365 ±3,5	368 ±3,0	355 ±3,0
6,5	400 ±5,0	390 ±3,0	385 ±2,5	380 ±3,0	370 ±2,5
7,0	420 ±1,0	415 ±4,0	410 ±1,0	405 ±1,0	395 ±2,5
7,5	440 ±1,0	435 ±2,0	435 ±1,0	420 ±5,0	410 ±1,0
8,0	460 ±1,0	455 ±5,0	450 ±1,0	445 ±2,5	435 ±1,0
8,5	480 ±1,0	470 ±1,0	470 ±1,0	460 ±2,5	460 ±1,0
9,0	500 ±4,5	500 ±2,5	490 ±2,5	485 ±3,5	480 ±1,5

Aus der Aufzeichnung der Werte im Koordinatensystem geht hervor, daß die Antimonelektrode wesentlich größeren Schwankungen in Bezug zur Temperatur unterliegt, als die Glaselektrode (Abb.4).



Bemerkenswert ist, daß die EMK-pH-Kurven parallel verschoben sind und sich in keinem Punkt schneiden.

Ebenso ist der Winkel der Neigung der EMK-pH-Kurve bei pH 6 und 40°C bis zu 30°C ein anderer, wie der bei pH 6 und 20°C.

b. Der Ruhe-Nüchtern-Speichel-pH-Wert eines Patienten mit erhöhter und normaler Körpertemperatur.

Dieser Versuch wurde mit der Antimon- und Glaselektrode ausgeführt. Der Proband wurde sofort nach dem Aufwachen gemessen. Der Speichel wurde aktiv mit der Zunge gesammelt, indem sich der Proband auf die Seite legte und den Kopf entspannt hielt. Vor der eigentlichen pH-Messung wurde mit einem Minimum - Maximum - Thermometer die Temperatur des Mundbodens festgestellt. Nach der Temperaturmessung wurde auf den Mundboden der pH-Wert bestimmt. Bei der Temperatur, wie auch bei der pH-Wertmessung wurde der Proband gebeten, die Zunge über das Messinstrument zu legen und den Mund zu schließen. Diese Messungen wurden je 7 mal wiederholt, so daß eine Woche mit der Antimonelektrode und eine Woche mit der Glaselektrode gemessen wurde. Es ergaben sich daraus folgende Mittelwerte:

pH-Messung am Patienten mit erhöhter und normaler
Körpertemperatur

Körpertemp. (rectal)	Temp des Mundbod.	Antimon.	Glaselektrode
39,6 °	38,7°	7,5 pH	7,45 pH
36,9°	35,9°	6,5 pH	6,55 pH

Bleibt die Temperatur bei der Antimonelektrode unberücksichtigt, so erhält man für die bei $38,7^{\circ}\text{C}$ gemessenen 460 mV nach einer bei 20°C aufgestellten Eichkurve einen Wert von pH 8,5. Bei 30°C entsprächen 460 mV einem pH-Wert von pH 8,4 und bei 40°C einem pH-Wert von pH 8,0.

Bei einer Mundtemperatur von $35,9^{\circ}\text{C}$ wurden 390mV gemessen. Nach einer Eichkurve, die bei 20°C hergestellt wurde, entsprächen 390mV einem pH-Wert von pH 7,0. Bei 30°C einem Wert von pH 6,5 und bei 40°C einem Wert von pH 6,1.

Hieraus ist ersichtlich, daß die Temperaturmessungen bei der Bestimmung der pH-Werte mit der Antimonelektrode unbedingt nötig ist, da sonst irreführende Werte auftreten.

c. Ruhe-Nüchtern-Werte verschiedener Probanden. Diese Versuche wurden bei Probanden mit normaler, d.h. für sie physiologischer Temperatur, vorgenommen. Auch hier wurde zunächst eine Woche mit der Glaselektrode und in Anschluß eine Woche mit der Antimonelektrode der pH-Wert des Speichels untersucht. Die Messungen erfolgten nach dem Aufwachen, im aktiv mit der Zunge gesammelten Speichel und nach Feststellung der Temperatur des Mundbodens. Wiederum wurde der Proband gebeten, die Zunge über das Meßinstrument zu legen und den Mund zu schließen.

Es ergaben sich folgende Mittelwerte für die einzelnen Probanden:

PH-Wert des Ruhe-Nüchtern- Speichels

Proband	Temp. d. Mundbod.	Antimon-elekt. r.	Glas-elektrod.
9.	35,5°C	5,3 pH	5,4 pH
10.	35,8°C	6,5 pH	6,3 pH
11.	36,0°C	5,4 pH	5,5 pH
12.	36,0°C	5,4 pH	5,5 pH
13.	36,2°C	5,9 pH	5,0 pH

Auch diese Werte lassen erkennen, daß die Antimonelektrode unter Berücksichtigung der Temperatur annähernd gleiche Werte wie die Glaselektroden erzielt.

d. Temperatur und pH-Werte der Interdentalräume des Ober- und Unterkiefers. Die Temperaturmessungen, sowie die sich sofort anschließenden pH-Wertmessungen wurden in der gleichen Weise durchgeführt, wie sie schon für die gesonderten Temperaturuntersuchungen vorgenommen wurden. Um zu Vergleichswerten zu kommen haben wir eine Woche lang mit der Antimonelektrode und die darauffolgende Woche mit der Glaselektrode bei Ruhe-Nüchtern-Speichel gemessen. Die Bestimmung der Werte erfolgte unter denselben Kautelen wie sie schon eingangs beschrieben wurden.

Wir erhielten hierbei folgende Mittelwerte:

Temperaturen und pH-Werte in den Interdental-
räumen im Ober- und Unterkiefer an einem
Patienten

Inter- dental.	O B E R K I E F E R			U N T E R K I E F E R		
	Temp.	Antimon. elektr.	Glas elektr	Temp.	Antimon elektr.	Glas elektr
7/6	33° 20°	6,5 6,45	6,5 6,5	34° 20°	6,3 6,2	6,5 6,5
6/5	33° 20°	6,6 6,65	6,5 6,5	33,5° 20,0°	6,6 6,65	6,65 6,65
5/4	32,5° 20°	6,6 6,65	6,6 6,6	33,5° 20°	6,6 6,65	6,6 6,6
4/3	31° 20°	6,5 6,45	6,65 6,65	33° 20°	6,3 6,2	6,4 6,4
3/2	32° 20°	6,5 6,45	6,55 6,55	32° 20°	6,3 6,2	6,4 6,4
2/1	32° 20°	6,5 6,45	6,55 6,55	31,5° 20,0°	6,3 6,2	6,3 6,3
1/1	31° 20°	6,45 6,4	6,5 6,5	30,5° 20,0°	6,2 6,1	6,2 6,2
1/2	32,5° 20,0°	6,5 6,45	6,6 6,6	31° 20°	6,0 5,95	6,2 6,1
2/3	32° 20°	6,5 6,45	6,6 6,6	32,5° 20,0°	6,2 6,1	6,3 6,3
3/4	32° 20°	6,5 6,45	6,6 6,6	32° 20°	6,2 6,1	6,3 6,3
4/5	33° 20°	6,5 6,45	6,6 6,6	33,5° 20°	6,5 6,45	6,7 6,7
5/6	33° 20°	6,6 6,65	6,5 6,5	34° 20°	6,5 6,45	6,7 6,7
6/7	33° 20°	6,6 6,65	6,5 6,5	34° 20°	6,6 6,65	6,7 6,7

e. Temperaturen und pH-Werte von kariösen Zähnen im Unterschied zu der Temperatur und pH-Wert des Speichels. Die Versuche wurden bei Patienten mit normaler und erhöhter Körpertemperatur vorgenommen. Die Temperaturmessungen, wie auch die sich sofort anschließenden pH-Wertmessungen mit der Glas- und Antimonelektrode wurden in der oben beschriebenen Weise durchgeführt. Es wurden nacheinander die Temperaturen des Mundbodens und des kariösen Zahnes gemessen. Daran wurden sofort die pH-Wertmessungen mit der temperaturempfindlichen Antimonelektrode angeschlossen. Die pH-Werte des Speichels wurden auf dem Mundboden bestimmt und 30sec. mit der Antimonelektrode und Glaselektrode gemessen.

Um den pH-Wert kariöser Stellen festzustellen, wurden tiefzerstörte Zähne im Seitenzahngebiet gewählt, damit die Elektroden ganz von dem zu messenden Material umgeben waren. Die Messungen wurden hier ebenfalls nach der Temperaturmessung 30sec. lang mit der Antimon- und Glaselektrode durchgeführt.

Die Messungen wurden, um Vergleichswerte zu erhalten, 3 mal wiederholt. Sie wurden bei Ruhe-Nüchtern-Zustand um 6 Uhr morgens nach dem Aufstehen, noch vor dem Frühstück vorgenommen.

Bei diesen Messungen erhielten wir folgende Mittelwerte:

Temperaturen und pH-Wert von kariösen Zähnen

im Vergleich mit

Temperaturen und pH-Wert des Speichels

gemessen mit der Glas- und Antimonelektrode
bei verschiedenen Probanden im Ruhe-Nüchtern-
Zustand.

Proband	K A R I E S			S P E I C H E L		
	Glas- elekttr.	Antimon- elekttr.	Temp.	Glas- elekttr.	Antimon- elekttr.	Temp.
1.						
-4	5,6	5,5	23°C	6,5	6,5	25°C
4-	5,7	5,5	23°C	6,5	6,5	25°C
2.						
6+	3,1	3,1	33°C	6,3	6,0	35°C
-6	3,2	3,0	34,0°C	6,3	6,0	35°C
3.						
-6	5,9	5,5	34°C	6,7	6,5	35°C
4.						
6-	5,1	5,0	31°C	7,0	7,0	33°C
-6	4,5	4,5	31°C	7,0	7,0	33°C
-5	4,6	4,5	30,5°C	7,0	7,0	33°C
+5	5,4	5,5	30°C	7,0	7,0	33°C
5.						
4-	6,5	6,5	33°C	6,8	6,5	34°C

D. DISKUSSION

Vergleicht man die Glaselektrode mit der Antimonelektrode zunächst vom Meßtechnischen her, so ist zu sagen, daß die Glaselektrode das Arbeiten durch folgende Punkte erschwert:

1. Die Zerbrechlichkeit der Glaselektrode ist sehr groß.
2. Sie ist in vielen Fällen zu groß und unhandlich, um die Interdentalräume zu erreichen.
3. Die Glaselektrode hat einen höheren Widerstand als die Antimonelektrode und leidet dadurch stärker unter dem elektrostatischen Effekt.

Im Gegensatz zu der Antimonelektrode werden die pH-Messungen mit der Glaselektrode durch folgende Vorteile erleichtert:

1. Der pH-Wert kann direkt vom Gerät abgelesen werden.
2. Die Genauigkeit der Glaselektrode ist nur in bestimmten Fällen eingeschränkt.

Die Nachteile der Antimonelektrode gegenüber der Glaselektrode sind folgende:

1. Der pH-Wert kann nicht direkt von den Geräten abgelesen werden. Er muß von den erhaltenen Millivolt mittels einer Eichkurve in pH umgerechnet werden.
2. Die Antimonelektrode kann nicht für alle Lösungen benutzt werden, da Oxydations- und Reduktionsfehler durch die Anwesenheit von Kupfer, Schwermetallen (Ag, Hg, Au) und Säureradikale von Metaphosphorsäure, Tartrat, Zitronensäure und Oxylsäure auftritt. Auf diesen Fehler ist

besonders bei der Aufstellung der Eichkurve zu achten.

3. Die Genauigkeit der Antimonelektrode ist auf dem Bereich von pH 2-7 begrenzt.
4. Die Genauigkeit ist geringer als bei der Glaselektrode. Sie ist aus der Potentialbildung zu erklären, die sich nicht ausschließlich oder auch nur überwiegend als eine Funktion der Wasserstoffkonzentration darstellt. Die Meßwerte werden durch eine ganze Reihe verschiedener Faktoren geregelt. Die Antimonelektrode muß demzufolge als charakteristische Mischelektrode angesprochen werden. Die Meßgenauigkeit der Antimonelektrode erreicht im allgemeinen 0,2 bis höchstens 0,1 pH/Einheit. Sie ist damit für die meisten physiologischen Untersuchungen noch hinreichend.

Nach den Nachteilen sind noch folgende Vorteile der Antimonelektrode zu erwähnen, die im Gegensatz zu der Glaselektrode die pH- Wertmessungen erleichtern.

1. Die Widerstandsfähigkeit der Antimonelektrode ist so groß, daß man sie ohne große Bruchgefahr für Messungen an harten Gegenständen, wie das die Zähne sind, gebrauchen kann.
2. Es ist möglich die Antimonelektrode so fein zu gestalten, daß mühelos die Interdentalspalten verschiedener Regionen der Zähne und Kariesläsionen erreicht werden.
3. Die Antimonelektrode stellt sich sofort auf den Meßwert ein.
4. Die Antimonelektrode hat einen geringen Widerstand.

Zur Bestimmung des pH-Wertes in der Mundhöhle kommen also beide Elektroden in Betracht. Je nach Anforderung wird man von Fall zu Fall die Glas- oder Antimonelektrode vorziehen. Dabei muß eine exakte Temperaturmessung vorgehen, um besonders im sauren und alkalischen Bereich zu verwertbaren Ergebnissen zu kommen. In dem Bereich von pH 6,0 spielt für die Glaselektrode allerdings die Temperatur keine Rolle, wie aus den graphischen Darstellungen Abb.3 ersichtlich ist.

Es hat sich weiterhin gezeigt, daß bei der Herstellung der Antimonelektroden die Lötstelle zum Verbindungskabel keinen Einfluß auf die Ergebnisse durch eine Elementbildung ausübt. Bei der Überprüfung mit Hilfe geeichter Pufferlösungen fanden wir, daß die Antimonelektrode gegenüber der Glaselektrode je alkalischer die Lösungen werden, eine Abweichung von der fast linearen Kurve der Glaselektrode zeigt. Die Werte liegen bei pH 8,0 schon um 0,8 pH/Einheit auseinander. Diese Streuung im alkalischen Bereich ist jedoch für die pH-Messungen im Munde von untergeordneter Bedeutung, da hier vor allem die sauren Werte interessieren.

Wesentlich wichtiger scheinen uns die Temperaturen im Munde, da hier doch erhebliche Unterschiede auftreten. So fanden wir im Oberkiefer buccal gemessen einen Unterschied zwischen den Frontzähnen und den oberen Molaren von $3,8^{\circ}\text{C}$.

Dieser Temperaturunterschied wirkt sich bei der pH-Messung mit der Glaselektrode und einer Eichung von 20°C bei einem pH von 4,0 durch einen Fehler von 0,1 pH/Einheit aus. Der Fehler beträgt bei pH 5,0, nur noch 0,05 pH/Einheit und verschwindet im Bereich von pH 6,0 und 7,0 ganz. Entsprechend ist der Fehler bei der Antimonelektrode etwas größer und zwar bei pH 4,0 beträgt er 0,2 pH/Einheit und bei pH 5,0 sogar 0,3 pH/Einheit. Bei pH 6,0 geht er wieder auf 0,2 pH/Einheit zurück und bei pH 7,0 steigt er auf 0,15 pH/Einheit an.

Wir erhalten demnach bei der Glaselektrode nur geringe Abweichungen im sauren Milieu, wogegen die Antimonelektrode doch etwas größere Abweichungen erkennen läßt, die über den Meßfehlern liegen. Es ist daraus der Schluß zu ziehen, daß man die Mundtemperatur bei Messungen vor allem, wenn es sich um niedere pH-Werte handelt, nicht vernachlässigt werden darf.

Noch größer sind die Unterschiede, wenn es sich um Temperaturschwankungen von etwa 10°C handelt, wie dies der Fall zwischen der Mundtemperatur und der Außentemperatur ist. Hier liegen die Werte bei der Glaselektrode etwa im Bereich von 0,15 bis 0,05pH/ Einheiten und bei der Antimonelektrode in einem Bereich von 0,15 pH bis 0,3 pH/Einheit. Durch diese Vergleiche ist der Glaselektrode, was die Genauigkeit der Messungen anbelangt, durchaus der Vorzug zu geben.

Doch bei genauer Eichung und unter Berücksichtigung der jeweiligen Temperaturen eignet sich die Antimonelektrode ebenfalls.

Erwähnenswert scheint das Phänomen der Eichkurven, daß bei der Glaselektrode bei 20°C fast eine Gerade zeigt und bei 30°C und 40°C etwa ab pH 6 einen Knick aufweist.

Bei der Antimonelektrode jedoch haben wir schon bei 20°C an pH 6,0 eine Abweichung von der Geraden (Abb.2) die in Übereinstimmung mit der Feststellung von KLEINBERG (56) steht. Die Kurven für 30°C und 40°C weisen ebenfalls eine Geradlinigkeit auf, die zu der Eichkurve bei 20°C fast parallel erscheint. Dies reicht nicht aus, um von einer Kurve von 20°C auf eine andere Kurve mit höherer Temperatur zu schließen.

Auch für die anderen Untersuchungen gilt das oben Gesagte und die erhaltenen Werte zeigen deutlich, ganz gleich ob nun bei einem Probanden mit erhöhter Mundtemperatur gemessen wurden oder bei einem Probanden mit physiologischer Mundtemperatur, daß die pH-Werte zwischen der Glas- und Antimonelektrode unter Berücksichtigung der jeweiligen Temperatur im Meßbereich in 0,05 und 0,1 pH/Einheit schwanken.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Mit einer Glas- und einer Antimonelektrode wurde der pH-Wert im Bereich des Mundbodens der Interdentalräume und der kariösen Läsionen untersucht. Großer Wert wurde auf die Ausschaltung von Fehlern gelegt, die durch die unterschiedlichen Mundtemperaturen gegeben waren.

Die Glaselektrode wies Meßunterschiede von 0,1 bis 0,05 pH/Einheit und die Antimonelektrode Unterschiede von 0,15 bis 0,3 pH/Einheit auf.

Wird durch entsprechende Eichkurven die Temperatur mit einbezogen, so ergeben sich für die Glas- und Antimon-elektrode annähernd gleiche pH-Werte. Die Glaselektrode bringt die exakteren Ergebnisse, ist jedoch leicht zerbrechlich und benötigt eine längere Meßzeit. Die Meßgenauigkeit der Antimonelektrode ist etwas geringer, dagegen läßt sie sich stabiler und graziler formen.

F. LITERATUR

+))

1. ANDERSON, D. J. : The hydrogen-ion concentration of saliva. I. Factors influencing CO_2 -content.
J.Dent.Res.29.1.72.1949.
2. ANDERSON, D. J. : II. Relationship between hydrogen-ion concentration and rate of flow of saliva.
J.Dent.Res.28.6.503.1949.
3. BECK, H. : Ergebnisse neuerer Speicheluntersuchungen.
Berlin 1929.
4. BECK, H.,
TÜRKHEIM, H., : Fortschritte der Zahnheilkunde
RAUCH, S. und : Physiol. Chemie. Leipzig 1929.
LIEKFIELD, W.
5. BECK, H. : Über die Wasserstoffionenkonzentration des menschlichen Speichels unter besonderer Berücksichtigung der jeweiligen CO_2 -Verhältnisse.
Dt. zahnärztl. Wschr. 8.329.1920.
6. BECK, H. und : J. Dent. Res. 20.171.1941.
WAINWRIGHT, W. W.

+) Zitate nach der "Standardisierung des Titelzitates"
des ORCA-Teams V.

7. BERG, E. : Klinisch-experimenteller Beitrag zur Bestimmung des Speichel pH-Wertes.
Diss. Heidelberg. 1960.
8. BLOOM, M. C. : Electrodeposition of antimony.
British patent No. 559 164. 1942.
British patent No. 567 794. 1942.
9. BRAMSTEDT, F.,
VONDERLINN, R. : Biochemische Speicheluntersuchungen
II. Die Sauerstoffaufnahme des Speichels und ihre Beziehung zur Zahnkaries.
Zahnärztl. Welt. 7.505.1952.
10. BRAWLEY. : J. Dent. Res. 15.55.79-211. 1935.
11. BRITTON, H. T. S. : Hydrogen ions
Chapman & Hall 84. 1932.
12. BUHS, A. : Zahnkaries, Speichel und Schan-
gerschaft.
Sammlung Meuser. Leipzig. 1959.
13. CALDWELL, R. C. : Glass-micro electrode suitable
for the measurement of intracellu-
lar pH of large cells.
J. Physio. 124.1.1954.
14. CALDWELL, R. C.,
BIBBY, B. G. : The effect of foodstuffs on the
pH of dental cavities.
J. Amer. Dent. Ass. 57.687.1958.
15. CARLSON, V. R.,
McKINSTRY, M. L. : Dent. Cos. 340.1924.

16. CHARLTON, G. : A micro- glas electrode for hydrogen-ion-determination.
Australian. Dent. J. 1.174.1954.
17. CHARLTON, G. : Determination of hydrogen- ion-
concentration in the mouth.
Australian. Dent. J. 14.228.1956.
18. CLEMENT, A. J. : Investigation into apparatus and
technical factors involved in the
pH measurements of semi-micro-den-
tal areas.
J. Dent. Ass. S. Africa. 4.317.1949
19. CLEMENT, A. J.,
PLOTKIN, R., : The formation of lactic acid in
dental plaques.
FOSDICK, L. S. J. Dent.Res. 35.5.786-791. 1956.
20. DIRKSEN, R.T.,
LITTLE, M. F., : The pH of caries cavities. I.
BIBBY, B. G., Arch. Oral. Biol. 7. 49-58. 1962.
CRUMB, S. L.
21. EGGERS LURA, H. : Untersuchungen über den aeroben
und anaeroben Abbau der Kohlen-
hydrate im Speichel.
Dt. Zahn-, Mund-, Kieferheilk.
21.3/4.97.1954.
22. EGGERS LURA, H. : Säurebildung im Speichel und Zahn-
belag.
J. Dent. Res. 37.5.969.1958.
23. EISENBRANDT, I. L.: J. Dent. Res. 22.147.1943.

24. EISENBRANDT, L.L. : J. Dent. Res. 23.363.1944.
25. ENGLANDER, H. R., The formation of lactic acid in
CARTER, W. J., : dental plaques. III. Caries- immune
FOSDICK, L. S. individuals.
J.Dent. Res. 35.5.792-799. 1956.
26. ERICSSON, Y. : Klinische Untersuchungen über die
Speichelpufferwirkung.
Acta Odontol. Scand. 17.2.131.1959.
27. FISCHBECK, : Über das Verhalten der Antimonelk-
EIMER trode bei pH-Messungen.
Electrochem. 44.845.1938.
28. FORSCHER, B. K., An improved antimony micro electro-
PAULSEN. A. G., : de and pH determination in the
HESS, W. C, periodontal pocket.
J. Dent.Res.32.5.646.1953.
29. FORSCHER, B. K., The validity of plaque pH measure-
HESS, W.C. : ments as a method of evaluating
therapeutic agents.
J. Amer. Dent. Ass. 48.2.134-139.1959.
30. FORSCHER, B. K., The pH of the periodontal pocket
HESS, W. C. : and the glycogen content of the
PAULSEN, A.G. adjacent tissue.
J. Dent. Res. 33.4.444-453. 1954.
31. FOSDICK, L. S., A new approach to the problem of
CALANDRA, J. C., : dental caries control.
BLACKWELL, R.Q., J. Dent. Res. 32.4.486-496. 1953.
BURILL, J. H.

32. FOSDICK, L. S.,
BLACKWELL, R.Q., : A correlation on the lactate
CALANDRA, J. C. : and pH of dental plaques of caries
active and caries inactive individuals.
J. Dent. Res. 34.5.687.1955.
33. FOSDICK, L. S.
HANSEN, H. L. : Theoretical consideration of car-
bohydrate degradation in relation
to dental caries.
J. Amer. Dent. Ass. 23.4.401-407.
1936.
34. GINS, H. : Beiträge zur Bakteriologie der
Zahnkaries.
Dt. zahnärztl. Wschr. 40.2.25-29.
1937.
35. GREITHER, A. : Dermatologie der Mundhöhle und
der Mundumgebung.
Thieme, Stuttgart 31.1955.
36. GROBMANN, L.,
BRINKMANN, B. : Some observations of the pH of
saliva.
J. Dent. Res. 16.5.409.1937.
37. HAFFER, H. : Untersuchungen zur Chemie des
Speichels.
Dt. zahnärztl. Z. 14. 8.766-771.1953.
38. HAGGARD, H. W.,
GREENBORG, L. A. : The acidity of saliva after inges-
tion of carbohydrate and acid-con-
taining substances.
J. Dent. Res. 30.1.126-129. 1951.

39. HALDI, J.,
WYNN, W.,
BENTLEY, M., : In vivo-pH determinations on
LAW, M. L. : carious and non-carious teeth in
the albino rat.
J. Dent. Res. 34.5.693.1955.
40. HALDI, J.,
WYNN, W.,
LAW, M. L., : pH on the teeth of albino rats
BENTLEY, K. D. : under various conductive to dental
caries.
Arch. Oral. Biol. 2. 46-56. 1960.
41. HARTLESS, R.,
McDONALD, N. : Biochem. J.47.60.1050.
42. HATTYASY, D.,
SZABÓ, I., : Some physico-chemical properties
TOTH, K. : of the carious and non carious
saliva.
ORCA-Jb. 249-259. 1961. London.
43. HEIN, J. W. : Some of the variables associated
with in situ plaques ph-measure-
ments.
J. Dent. Res. 34.5.695.1955.
44. HEIN, G. : Zur Pubertätsgingivitis.(Ätio-
logische Betrachtungen und Be-
deutung für die Jugendzahnpflege.)
Dt. zahnärztl. Z. 8.6.308-316.1953.
45. HERING, H. J. : Die proteolytische Wirkung des
Nüchternspeichels in Abhängigkeit
von der Wasserstoffionenkonzentra-
tion.
Stoma, Heidelberg. 17.2.142-149.196

46. HILL, T. J., : Acid production in saliva in vitro
WHITE, B. J. : experiments.
J. Dent. Res. 28.4.391-397. 1949.
47. HOPPE-SEYLER- : Handbuch der physiologisch-patho-
TIERFELDER. : logisch-chemischen Analyse. I.
Berlin. 546.1953.
48. HUNECKE, T. : Variabilität und Korrelation von
: pufferkapazität, Viskosität und
: pH-Werted des menschlichen Spei-
: chels.
Dt. Zahnärztebl. 15.18.529-536.1961.
49. JAGER, De C. L., : An antimon-brass electrode for
THEROON, J. J. : intraoral pH-determination.
J. Dent. Ass. S. Africa. 18.70-74
1963.
50. JENKINS, G. N., : The effect of chloride-ion upon
KENYON, F. A. : the pH of salivary incubation
: mixtures.
ORCA-Jb. 51-56.1962.Pavia 1959.
51. JENKINS, G. N., : Studies on the pH of plaques in
KLEINBERG, J. : interproximal areas after eatint
: sweets and starchy foods.
J. Dent. Res. 35.6.964.1956.
52. JONOFF, H. : Jb. Kinderheilk. 123.239.1929.
53. JUNG, K. : Untersuchungen mit Reizspeichel.
Korresp. Zahnärzte. 59.12.435.1935.

54. KIRSCH, T. : Über den pH-Wert des menschlichen Speichels. (aus einer klinisch, experimentellen Untersuchungsreihe.)
Dt. zahnärztl. Z. 18.4.174-183.
1963.
55. KLEINBERG, J. : The construction and evaluation of modified types of antimony micro-electrodes for intraoral use.
Brit. Dent. J. 104.6.197-204.1958.
56. KLEINBERG, J. : Studies on dental plaques. I. The effect of different concentration of glucose on the pH of dental plaque in vivo.
J.Dent.Res. 40.1087-1111.1961.
57. KLEINBERG, I., JENKINS, G. N. : The pH dental plaque in the different areas of the mouth before and after meals and their relationship to the pH and rate of flow of resisting saliva.
Arch. Oral. Biol. 9. 5.493.1964.
58. KÖHLER, E. : Beiträge zur Messung physikalischer Zustandsgrößen des Speichels.
Dt. Zahn-, Mund-, Kieferheilk. 32.1/2.21-36.1960.
59. KORDATZKI, K. : Taschenbuch für pH-Messungen.
R.Müller & Steinicke, München.
1940.

60. KRANZ, P., : Über die Züchtung der Mundspiro-
SCHLOSSBERGER, L. chäten.
Dt. Mschr. Zahnheilk. 16.494.1921.
61. KRÖNCKE, A., : Die Speichelphosphatasen und ihre
NAUJOKS, R. Beziehung zur Zahnkaries.
Dt. Zahnärztl. Z. 8.12.71-74.1953.
62. LABAND, P. : Die Wasserstoffionenkonzentration
und einige ihrer Anwendungsge-
biete in der Medizin.
Dt. Mschr. Zahnheilk. 2.34.1925.
63. LAMMERS, TH. : Bakteriologische Studien über
die Mundflora und Mundhygiene.
Dt. Zahn-, Mund-, Kieferheilk.
18.9.378.1953.
64. LIECKFIELD, K. : Zahnärztl. Rdsch. 11.1953.
65. LILIENTHAL, B., : Australian.J.Biol. Med.Sci.28.1950.
GOLDWORTHY, A. :
66. MICHAELIS, H. : Vereinfachung der Indikatormethode.
Dt. Med. Wschr. 17.465.1921.
67. MOORE, B.M. : The micro-antimony electrode.
FOSDICK, L. S. J. Dent. Res. 31.4.512/3.1952.
68. NAUJOKS, R., : Zum Problem der Speichelgewinnung
BRAMSTEDT, F., für biochemische Untersuchungen.
RANKO, E., Dt.zahnärztl. Z. 16.3.171-175.
AUERBACH, M. 1961.

69. NOLTE, W. A.,
ARNIM, S: S. : In vitro changes in pH of dental
plaque material and surrounding
saliva.
70. PAVLOW, I. P. : The rape of mind world publishing.
Company N. York. 37. 1956.
71. PERLY, G. A. : Antimony electrode for industrial
hydrogen-ion measurements.
Ind. Engin. Chem. 11.316.1939.
72. POPPER,
HAFFNER, : Dt. med. Schr. 51.561.1925.
73. RAUCH, S. : Die Speicheldrüsen des Menschen.
Stuttgart. 1959.
74. RAUCH, S. : Physiologie und Pathologie der
Regulation der Speicheldrüsen-
drüsentätigkeit.
Dt. zahnärztl. Z. 16.3.153-160.
1961.
75. RICH, G. : The reaction of human mixed saliva.
Quart. J. Exper. Physiol. 17.53.
1927.
76. SAND, H.,
MÖRCH, T. : Experiments on the antimony elec-
trode for pH-measurements.
Odontol. T., Stockholm 69.522.1961.
77. SAUERWEIN, E. : Die pH-Bestimmung des menschlichen
Speichels.
Stoma, Heidelberg. 14.1 38-43.1961.

78. SAUERWEIN, E. : Der pH in kariösen Defekten menschlicher Zähne.
Dt. zahnärztl. Z. 16.22.1409-1416.
1961.
79. SNYDER, M. L. : Comparison of lactobacillus counts
GARDNER, M. K. : and acid production in selective
culture media.
J. Dent.Res. 34.5.728.1955.
80. SODERBERG, K., : Plating, 37.244.1950.
PINKERTON, H.
81. SUHURA, R. : On the composition of human parotid resting saliva and reflex saliva.
ASKAWA, Y. :
J. Nihon. Univ. S. A. 1.3.153.1959.
82. SULLIVAN, A., : Studies of the hydrogen- ion concentration in the mouth.
CHARLTON, G., :
LENNON, D. : Austr. Dent. J. 2.1.42.1957.
83. SCHLIRF, K. : Bakteriologische Untersuchungen über die Zahnkaries.
Zbl. Bakteriол. 1/3.129.1926.
84. STARR, H. E. : Studies of human saliva determination of hydrogen-ion concentration of human mixed saliva.
J. Biol. Chem. 54.43-54.1922.
85. STARR, H.E. : Amer. J. Physiol. 33.394.1922.

86. STEPHAN, R. M. : Changes in hydrogen ion concentration on tooth surfaces and carious lesions.
J. Amer. Dent. Ass. 27.718.1940.
87. STEPHAN, R. M. : Intra-oral hydrogen ion concentration associated with dental caries activities.
J. Dent. Res. 23.257.1940.
88. STEPHAN, R. M. : An antimony silver alloy for direct pH measurements.
J. Dent. Res. 24.202.1945.
89. STEPHAN, R. M. : The pH of carious lesions.
J. Dent. Res. 24.202.1945.
90. STEPHAN, R. M. : The effect of urea in counteracting the influence of carbohydrates of the dental plaques.
J. Dent. Res. 33.5.854.1954.
91. STEPHAN, R. M., : A quantitative method for evaluating physical and chemical agents which modifies production of acids in bacterial plaques on human teeth.
MILLER, B. J. Dent. Res. 22.45.1943.
92. STERN. A. R. : Über die Wasserstoffionenkonzentrationen des normalen Restspeichels und seine Beziehungen zur Karies.
Dent. Cos. 73.1017.1931.

93. STRALFORS, A. : The bacterial chemistry of the dental plaque.
Stockhol. 1950.
94. TAMAI, M. : Studies on the antimony metall electrodes for pH determination.
J. Biochem. 29.2.307.1039.
95. THOMPSON, F. C., : Evaluation of the micro-antimony-
BRUDEVOLD, F. electrode.
J. Dent. Res. 33.6.854-858.1954.
96. THOMPSON, F. C., : A micro-antimony electrode designed
BRUDEVOLD, F. for intraoral pH measurements in man and small experimental animals.
J. Dent. Res. 33.6.849-853.1954.
97. TULLAR, P. : Acid formation in human saliva
J. Dent. Res. 32.6.688.1953.
98. TÜRKHEIM, D. : Wasserstoffionenkonzentration des Speichels.
Dt. Mschr. Zahnheilk. 44.1924.
99. TÜRKHEIM, D. : Fortschr. Zahnheilk. Physiol.Chem. Leipzig. 1929.
100. WOLLRING, G. : Über die pH-Messungen im kariösen Defekt der Zähne.
Diss. Bonn. 1957.
101. ZORNEMANN, H. : Über die Wasserstoffionenkonzentration des Mundspeichels.
Diss. Tübingen. 1921.

LEBENS LAUF

Am 11. März 1941 wurde ich, Hannelore Schmidt, als erstes Kind des Zahnarztes Dr. Dr. Hans Joachim Schmidt und seiner Ehefrau Wilma, geborene Hügelschäffer, in Stuttgart geboren.

Im Jahre 1947 trat ich in Sommerhausen bei Würzburg in die Volksschule ein. Im Sommer 1948 siedelten wir nach Stuttgart über, wo ich den Besuch der Volksschule fortsetzte. Im Jahre 1951 trat ich in das Mörike - Gymnasium in Stuttgart ein. 1960 verließ ich dieses Gymnasium mit dem Zeugnis der Reife.

Im gleichen Jahr begann ich das Studium der Zahnheilkunde in Würzburg. Dort studierte ich drei Semester und setzte dann mein Studium in Mainz fort. Dort bestand ich im Oktober 1962 die zahnärztliche Vorprüfung. Im darauffolgenden Semester setzte ich das Studium in Berlin fort. 1963 kam ich im zweiten klinischen Semester nach Erlangen und schloß 1965 mit dem Staatsexamen das Studium der Zahnheilkunde ab.

Offset - Fotodruck

- W. HögI, Erlangen, Bräuer Straße 9, (Nähe Röthelheimbad) Telefon 15336 -

Offset - Fotodruck

- W. Hogl, Erlangen, Brüxer Straße 9, (Nähe Röthelheimbad) Telefon 15336 -